



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

CARRERA DE BIOLOGÍA

Presencia de la simbiosis micorrízica en plantas medicinales que crecen en el Parque del Huixteco, Taxco, Guerrero

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA :

PÉREZ SERVÍN JARITZI

JURADO DE EXAMEN:

DIRECTORA: DRA. ROSALVA GARCÍA SÁNCHEZ

ASESORA: M. EN C. BALBINA VÁZQUEZ BENÍTEZ

ASESORA: DRA. HORTENSIA ROSAS ACEVEDO

SINODAL: DR. ARCADIO MONROY ATA

SINODAL: MTRO. EDUARDO CHIMAL SÁNCHEZ



CIUDAD DE MÉXICO

JUNIO 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Agradezco a mi alma máter, la Universidad Nacional Autónoma de México, por acogerme desde el CCH, porque estar aquí ha sido, la mejor experiencia de mi vida, a mi segundo hogar, la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, quien me dio la oportunidad de estudiar una hermosa carrera que resolvió todas mis dudas e inquietudes de cuando era niña... biología.

A mi Directora de tesis, la Dra. Rosalva García Sánchez, a quien admiro y respeto, gracias por recibirme en su laboratorio, por la confianza que depositó en mí y por ayudarme a realizar este proyecto de principio a fin.

A mi asesora M. en C. Balbina Vázquez Benítez, por sus observaciones que enriquecieron en gran medida este trabajo.

A mi asesora la Dra. Hortensia Rosas Acevedo, por toda su confianza en la realización de este proyecto.

Al Mtro. Eduardo Chimal Sánchez por las retroalimentaciones y aportaciones que contribuyen a mi formación profesional.

A mi sinodal el Dr. Arcadio Monroy Ata por aceptar ser parte de mi comité y brindarme el tiempo necesario para la revisión y corrección de esta tesis.

A la única persona que siempre creyó en mi aun cuando yo misma dude, quien siempre me acompaña y apoya en todos mis proyectos sabiendo de ante mano que lo lograre, por el infinito amor que me demuestra cada día, por alentarme a conseguir mis metas y enseñarme a no rendirme... madre Hilda Alicia Servín Terrazas, infinitas gracias porque gracias a ti fue posible llegar a la meta.

A mi hermano Barush que siempre me motiva a seguir los impulsos de mi corazón.

A mi esposo y mis hermosos hijos, Yoalli, Zianya e Itayetzi, por ser el gran motor de mi vida y recordatorio constante de que lo imposible solo cuesta un poco más, porque cuando pensé en claudicar, basto solo escuchar sus voces para cambiar de opinión.

A mi amiga Liz por su ayuda y apoyo incondicional, por esas noches de desvelo compartidas, esas aventuras en campo, por las risas que nunca faltaron, mil gracias.

A todos mis maestros y amigos porque todos y cada uno de ellos aportaron de manera directa o indirecta en mi crecimiento académico y personal, gracias.

ÍNDICE GENERAL

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1 Plantas medicinales	3
3.2 Micorriza arbuscular	5
3.3 El suelo	6
4. HIPÓTESIS	7
5. OBJETIVOS	8
5.1 General	8
5.2. Objetivos Particulares	8
6. MATERIAL Y MÉTODOS	9
6.1 Zona de estudio	9
6.2 Colecta de ejemplares botánicos	10
6.3 Muestreo de raíces y suelo rizosférico	11
6.4. Determinación de las especies medicinales	12
6.5 Colonización micorrízica arbuscular	12
6.6 Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo rizosférico	13
6.7 Análisis estadístico	14
7. RESULTADOS	14
7.1 Registro de las especies botánicas	14
7.2 Colonización radical	20
7.3 Propiedades físico-químicas del suelo rizosférico	23

8. DISCUSIÓN	28
9. CONCLUSIONES	33
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS CITADAS	34
11. ANEXOS	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotografías y Google. (s.f.) Ubicación del Cerro del Huixteco, Taxco, Guerrero. Recuperado el 25 de marzo del 2021, de https://www.google.com/maps/place/Cerro+del+huixteco/@18.6321732	9
Figura 2. (A,B) Recolección de ejemplares botánicos, (C) prensado de especies botánicas, (D) eliminación de hojarasca, (E) extracción suelo, (F) embolsado y etiquetado de suelo, (H) eliminación de agregados de suelo en raíces, (I) obtención de raíces finas, (J) envasado y etiquetado de raíces finas.	11
Figura 3. Especies botánicas recolectadas y determinadas taxonómicamente: A) <i>Adiantum capillus veneris</i> L., B) <i>Alchemilla procumbens</i> Rose., C) <i>Baccharis conferta</i> Kunth, D) <i>Bidens ostruthioides</i> (DC.) Sch.Bip. E) <i>Smilax regelii</i> Killip-Morton, F) <i>Plantago major</i> L., G) <i>Tagetes filifolia</i> Lag. H) <i>Oxalis latifolia</i> Kunth., I) <i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand., J) <i>Gnaphalium attenuatum</i> DC.	15
Figura 4. Estructuras de colonización de HMA en(1) <i>Plantago major</i> , (2) <i>Tagetes filifolia</i> , (3) <i>Loeselia mexicana</i> , (4) <i>Bidens ostruthioides</i> y (5) <i>Alchemilla procumbens</i> se observan vesículas (V) e hifas (H). Vistas al microscopio a 40x. Se muestran arbusculos e hifas en <i>Gnaphalium attenuatum</i> (6) vistos al microscopio a 100x.	20
Figura 5. Porcentajes de colonización radical total en las diez especies de plantas medicinales que crecen de manera silvestre en el parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).	22
Figura 6. Porcentajes de colonización radical fraccionada en las diez especies de plantas medicinales que crecen de manera silvestre en el parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).	22
Figura 7. Valores promedio de pH del suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$)	23
Figura 8. Valores promedio de conductividad eléctrica (CE) del suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes	24

($p \geq 0.05$).	
Figura 9. Valores promedio de la Densidad Real del suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).	24
Figura 10. Valores promedio de la Densidad Aparente del suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).	25
Figura 11. Valores promedio del porcentaje de espacio poroso del suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).	26
Figura 12. Valores promedio del Porcentaje de materia orgánica del suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).	26
Figura 13. Concentración de fósforo disponible del suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).	27
Figura 14. Porcentaje de nitrógeno en el suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Propiedades evaluadas y métodos empleados.	13
Cuadro 2. Principales usos medicinales de las especies botánicas recolectadas.	16
Cuadro 3. Porcentajes de colonización total y fraccionada en las diez especies medicinales.	21

1. RESUMEN

Uno de los servicios ecosistémicos que ofrece el bosque templado (BT) es la provisión de plantas medicinales. En México, se reportan cerca de 4,000 especies de plantas medicinales, las cuales, son parte de la riqueza cultural de los pueblos de México y juegan un papel importante en la solución de problemas de salud en las zonas rurales. En los BT algunas plantas suelen crecer en las zonas marginales o perturbadas, muchas son consideradas malezas, entre ellas suelen haber algunas con propiedades medicinales; las plantas que crecen en suelos pobres como son los sitios perturbados suelen formar simbiosis micorrízica arbuscular, esta simbiosis favorece la absorción de nutrimentos de difícil adquisición como el fósforo. El bosque de pino-encino que se encuentra en el parque ecológico El Huixteco en Taxco, Guerrero contiene gran diversidad de plantas, e incluye algunas registradas en otros sitios como medicinales. El objetivo de este estudio fue registrar la colonización micorrízica arbuscular en diez plantas con reporte de usos medicinales y evaluar algunas de las propiedades del suelo rizosférico. Para ello, se seleccionaron por comparación bibliográfica diez especies de plantas, de cada una se colectaron cinco ejemplares, las cuales se herborizaron, previamente se cortó la raíz y se fijó en alcohol al 60 %, también se colectó el suelo rizosférico de cada ejemplar. El porcentaje de colonización micorrízica se evaluó con la técnica de tinción con azul de tripano. Las propiedades del suelo se evaluaron con los métodos propuestos por la NOM-021-RECNAT-2000. Las diez especies colectadas fueron determinadas taxonómicamente como: *Adiantum capillus veneris*, *Alchemilla procumbens*, *Baccharis conferta*, *Bidens ostruthioides*, *Gnaphalium attenuatum*, *Loeselia mexicana*, *Oxalis latifolia*, *Plántago major*, *Smilax regelii* y *Tagetes filifolia*, todas presentaron registros de usos medicinales, aunque localmente no se corroboró su uso. Todas ellas mostraron micorrización radical con valores que oscilaron entre 52.21 % en *Oxalis latifolia* y 85.46 % en *Plántago major*. Las propiedades del suelo evaluadas, en general, mostraron bajos contenidos en nutrimentos y pocas diferencias estadísticas entre ellas, esto pudo favorecer colonización micorrízica radical alta encontradas en las diez especies revisadas y más

del 70 % en cinco de ellas. Se concluye que las plantas estudiadas recurren a una alta colonización micorrízica para establecerse y crecer exitosamente en sitios perturbados.

2. INTRODUCCIÓN

Los bosques templados (BT) son comunidades dominadas por árboles mayormente pinos y encinos acompañados por otras especies que forman el estrato arbustivo y herbáceo comúnmente llamado sotobosque. Habitan en zonas montañosas con clima templado a frío. México contiene el 50% de especies de pinos del mundo que equivale a 50 especies y cerca del 33% de encinos que son 200 especies. Se estima que los bosques templados contienen cerca de 7,000 especies de plantas, a pesar de que la mezcla de especies puede variar entre uno o varias especies de pinos y encinos, son comunidades siempre verdes (CONABIO, 2019). Los bosques templados ocupan actualmente el 16% del territorio mexicano (323,300 km²), agrupa tres tipos de vegetación: bosque de coníferas, bosque de encinos y los bosques mixtos compuestos de coníferas y encinos (SEMARNAT, 2018). Se distribuyen en el norte y sur de Baja California, a lo largo de las Sierras Madre Occidental y Oriental, en la franja transmexicana, la Sierra norte de Oaxaca y en el sur de Chiapas, en altitudes entre los 2,000 y 3,400 m snm (CONABIO, 2019). Los BT se desarrollan en zonas con temperaturas promedio entre 12° y 23°C, aunque en invierno la temperatura puede llegar hasta por debajo de cero grados. Son ecosistemas de subhúmedos a templado húmedos, con una precipitación anual entre 600 y 1,000 mm. Crecen sobre suelos muy variados desde limosos a arenosos y moderadamente ácidos, por lo general con abundante materia orgánica y hojarasca (SEMARNAT, 2018). Los bosques templados albergan cerca de 7,000 especies de plantas (CONABIO, 2019) de las cuales 3,300 están registradas como medicinales (Fierro-Álvarez *et al.*, s.f)

Uno de los muchos servicios que ofrecen los bosques son los productos forestales no maderables (PFNM) que son productos del bosque distintos a la madera, estos incluyen a las plantas medicinales utilizadas para la producción de remedios, aceites esenciales y extractos vegetales que son utilizados de manera local, artesanal y por la industria farmacéutica y cosmética (CONABIO, 2019).

Bermúdez *et al.*, (2005) mencionan que de acuerdo con la OMS una planta medicinal es definida como cualquier especie vegetal que contiene sustancias que pueden ser empleadas con propósitos terapéuticos o cuyos principios activos pueden servir de precursores para la síntesis de nuevos fármacos. Estas plantas tienen importantes aplicaciones en la medicina tradicional y moderna, ya que son fuente directa de agentes terapéuticos, se emplean como materia prima para la fabricación de medicamentos semisintéticos más complejos, la estructura química de sus principios activos suelen servir de modelo para la elaboración de compuestos sintéticos y tales principios se pueden utilizar como marcadores taxonómicos en la búsqueda de nuevos medicamentos (Bermúdez *et al.*, 2005). En algunas especies se ha encontrado que los metabolitos secundarios suelen ser los principios activos de las plantas medicinales que crecen en ambientes estresantes, o suelos pobres en nutrientes. Sin embargo, en el suelo existen microorganismos (bacterias y hongos) que ayudan a las plantas a resistir el estrés biótico y abiótico (De la Rosa *et al.*, 2012), algunos hongos suelen formar micorrizas con las raíces de las plantas, esta es una relación simbiótica que es mediada por las características generales del suelo como su pH, contenido de materia orgánica y fósforo disponible. El parque ecológico El Huixteco contiene una flora diversa, sin embargo, no hay listados de los usos medicinales de las plantas ni de sus relaciones simbióticas o de las características del suelo donde crecen, por ello se propone en este trabajo registrar la presencia de micorrizas en algunas especies medicinales y las condiciones del suelo donde crecen.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Plantas medicinales

El uso de plantas medicinales en México se remonta a la medicina prehispánica, que se enriquece con la llegada de los españoles en 1521, por lo tanto, la medicina tradicional mexicana actual y sus plantas es resultado del encuentro de dos culturas. (García *et al.*, 1996).

En la actualidad, la medicina tradicional basada en el uso de plantas medicinales sigue siendo una opción para el tratamiento de enfermedades, constituye un elemento de

identidad cultural y, por su bajo costo y disponibilidad, es accesible a la población (Yam *et al.*, 1992), además, de que contribuye como proveedora de atención primaria de salud en el nivel de la comunidad. Según la Organización Mundial de la Salud México es uno de los países con mayor tradición y riqueza en el uso de las plantas medicinales, donde se registran poco más de 3 000 especies que se emplean en remedios naturales. No obstante, aún hay regiones de México con pocas investigaciones en el uso y manejo de las plantas medicinales, (Linares *et al.*, 1999; Casas *et al.*, 2001; Dávila *et al.*, 2002; Hernández *et al.*, 2005). La información que se pueda recopilar en las diversas regiones del país servirá para definir estrategias que mejoren el aprovechamiento y manejo de los recursos de la flora medicinal (Soto *et al.*, 2002). Las plantas medicinales silvestres suelen crecer asociados a los diferentes tipos de vegetación, en el caso de los BT forman parte del estrato herbáceo que cubre el suelo del bosque.

Las especies herbáceas de los bosques templados, incluyendo a las medicinales, suelen crecer aceleradamente cerca de caminos y sitios con disturbios naturales o antrópicos (Vibrans, 2006), estas plantas son ecológicamente importantes porque pueden evitar la erosión del suelo y aportar materia orgánica y en el ciclaje de los nutrientes, su éxito en la colonización de ambientes perturbados se debe, en parte, a que son capaces de establecer interacciones mutualistas con otros organismos como la micorriza arbuscular que puede ser benéfica para las plantas ya que favorece la absorción de nutrientes del suelo y ello repercute en mayor establecimiento y crecimiento (Klironomos, 2003). Esta interacción puede ser modificada por factores como la cantidad de nutrientes en el suelo, la cantidad e identidad de los HMA y la especie vegetal interactuante (Klironomos, 2003). En el caso de algunas plantas medicinales se ha observado que la simbiosis micorrízica arbuscular incrementa la cantidad de algunos metabolitos secundarios (De la Rosa, 2009).

3.2 Micorriza arbuscular

Trappe (1994) define a las micorrizas en términos funcionales y estructurales, como "órganos de absorción dobles que se forman cuando los hongos simbiotes viven dentro de los órganos de absorción sanos (raíces, rizomas o talos) de las plantas terrestres, acuáticas o epífitas". Evidencias fósiles y estudios moleculares sugieren que la asociación micorrízica se originó hace ca. 462-353 millones de años y, desde entonces, su formación es indispensable para el éxito ecológico de la mayoría de las plantas sobre la Tierra (Camargo-Ricalde *et al.*, 2012).

Hoy día se reconocen siete tipos de micorriza, considerando tanto sus características estructurales como el grupo taxonómico del hongo o la planta involucrada y las alteraciones morfológicas que experimentan las partes en el desarrollo de la nueva estructura (Paredes-Acosta, 2020), una de ella es la micorriza arbuscular, que es el tipo de asociación hongo-raíz más extendido en la naturaleza. En esta simbiosis la planta provee al hongo entre el 10 y 20% de su producción fotosintética total, mientras que el hongo incrementa la absorción de nutrimentos minerales del suelo, sobre todo los de difícil disponibilidad como el fósforo, incrementan la capacidad de fijar nitrógeno, además de aumentar la tolerancia a diversos tipos de estrés como es el provocado por la salinidad, la sequía, las altas temperaturas del suelo, patógenos de la raíz y metales pesados. También ayudan a mantener el balance hídrico de la planta y a su vez incrementan la tasa fotosintética (González-Monterrubio *et al.*, 2005). Adicionalmente, las hifas extraradicales son importantes en la conservación de suelos al contribuir significativamente a la formación de agregados estables del suelo (Miller y Jastrow, 1992), manteniendo una buena estructura (Bethlenfalvay y Barea, 1994). Suelos con alta agregación son más resistentes a fuerzas erosivas, poseen mejor intercambio gaseoso, infiltración de agua, capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes, a la vez, ofrecen micrositios heterogéneos que favorecen la diversidad microbiana (Blevins *et al.*, 1984).

3.3 El suelo

En el suelo la fracción inorgánica es importante por su influencia en la disponibilidad de nutrientes, aireación, retención de agua, mientras que la materia orgánica que procede de la biomasa aérea (hojarasca) y la actividad de los distintos organismos vivos del suelo es variable, principalmente en función del tipo de cubierta vegetal (López, 2005) y región climática.

Los microorganismos que viven en el suelo son muy diversos, además, existen diferentes interacciones entre ellos y de ellos con las plantas, ya sea como saprobios, simbioses o parásitos, estas relaciones tienen diferentes efectos ecológicos tanto perjudiciales (patógenos) como benéficos (promotores del crecimiento vegetal). Los microorganismos interfieren en la eficiencia de la captación de nutrimentos en la planta, además de que su diversidad es esencial para garantizar el ciclaje de los nutrimentos, producen hormonas, asimismo contribuyen al control de patógenos y a la descomposición de la materia orgánica (Álvarez-Solís y Anzuelo-Martínez, 2004).

Aunque invisibles a la observación directa, los microorganismos del suelo son esenciales para los ecosistemas, donde destaca su contribución a los procesos relacionados con la estabilidad y fertilidad del suelo, así como con la nutrición de las plantas (Alarcón y Ferrera, 2001).

En el suelo, un grupo de microorganismos que destacan por los beneficios que brindan al suelo y a las plantas son los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), los cuales forman asociaciones micorrízicas que involucran las interacciones entre los hongos, las plantas y los componentes del suelo (Brundett *et al.*, 1996). La micorriza favorece la absorción y translocación de nutrimentos del suelo hacia la planta favoreciendo el crecimiento vegetal, por otro lado en el suelo, la presencia del micelio activo libera una proteína llamada glomalina que genera la adhesión de las partículas del suelo favoreciendo su estructura. En la actualidad se estima que entre el 85% de las plantas terrestres son capaces de establecer algún tipo de micorrizas (Espinoza *et al.*, 2015).

Actualmente, se reconoce que los HMA son un componente importante en la rizosfera de las plantas medicinales ya que pueden tener efectos sobre su metabolismo secundario e influir en la producción y acumulación de ingredientes activos como

terpenos, fenoles y alcaloides en la biomasa de las plantas medicinales (Yan *et al.*, 2013) además de que ayudan a su establecimiento.

En la zona de estudio no existen trabajos previos sobre la presencia de la micorriza en especies medicinales que crecen espontáneamente en el sotobosque, sin embargo, en un sitio de bosque cercano, Chávez (2019) registró las comunidades de HMA asociadas a diez plantas medicinales en el bosque encino de Agua Escondida Taxco, Guerrero, en las especies *Salvia lavanduloides*, *Adiantum capillus-veneris*, *Baccharis conferta*, *Gnaphalium viscosum*, *Loeselia mexicana*, *Plantago major*, *Sedum oxypetalum*, *Selaginella lepidophylla*, *Senecio salignus* y *Senecio stoechadiformis* en donde se corroboró la presencia de micorriza arbuscular en las diez especies y se registró 30 especies de HMA distribuidas en siete familias y diez géneros. También evaluó los parámetros físicos y químicos del suelo rizósferico como pH, materia orgánica, nitrógeno y fósforo.

4. HIPÓTESIS

El suelo del bosque de pino del parque El Huixteco se encuentra cubierto por un estrato herbáceo que incluye especies medicinales, algunas son visiblemente más abundantes en las áreas perturbadas como caminos o claros. En este bosque se espera encontrar plantas herbáceas medicinales creciendo en los caminos por ello, se espera que presenten raíces colonizadas por hongos micorrízicos arbusculares y que su actividad rizosferica mejoren algunas propiedades del suelo rizosférico.

5. OBJETIVOS

5.1 General

- Registrar el porcentaje de micorrización arbuscular y las propiedades del suelo rizosférico en diez especies medicinales herbáceas que crecen en el parque El Huixteco, Taxco, Guerrero.

5.2. Objetivos Particulares

- Registrar la identidad botánica de algunas plantas medicinales que crecen en el sotobosque del parque recreativo El Huixteco.
- Recabar de manera bibliográfica información acerca de los usos medicinales de las especies botánicas recolectadas.
- Determinar el porcentaje de colonización micorrízica arbuscular en las raíces de las especies botánicas registradas como medicinales.
- Determinar algunas propiedades del suelo rizosférico de las diez especies de plantas medicinales.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Zona de estudio

El parque ecológico “El Huixteco” se encuentra al Norte del municipio Taxco de Alarcón en el estado de Guerrero y se localiza en las coordenadas 18°36'21.0" de latitud N y 99°36'42.6" de longitud E; colinda con las localidades de San Gregorio, ejido de Taxco (Potrero) y Santiago Tetipac (figura 1).



Figura 1. Fotografías y Google. (s.f.) Ubicación del Cerro del Huixteco, Taxco, Guerrero. Recuperado el 25 de marzo del 2021, de <https://www.google.com/maps/place/Cerro+del+huixteco/@18.6321732>.

El parque recreativo El Huixteco es parte de la Sierra de Huautla, que limita al norte con Tetipac, al sur los municipios de Iguala y Teloloapan, al este Buenavista de Cuéllar y el estado de Puebla y al oeste con los municipios de Pedro Ascencio Alquisiras e Ixcateopan.

El clima predominante en el cerro es subhúmedo-semicálido, la temperatura promedio anual registrada es de 18°C en la zona montañosa y mayor a 20°C en zonas planas., los meses más calurosos son marzo, abril y mayo y el más frío es diciembre.

La vegetación corresponde a bosques de pino y encino compuestos por diferentes especies (Secretaría de Gobernación-Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, 2004), sin embargo se encuentra también bosque tropical caducifolio, bosque mesófilo de montaña, bosque de coníferas, y algunas porciones de bosque de galería.

6.2 Colecta de ejemplares botánicos

Se realizó una revisión bibliográfica previa a la colecta sobre plantas medicinales que crecen en los bosques templados del Valle de México, con base en las características morfológicas descritas para algunas especies y con el material fotográfico de apoyo contenido en los textos: La flora vascular del Parque Estatal “El Faro”, Tlalmanalco de Velázquez, Estado de México (Chimal-Hernández *et al.*, 2013) y las Plantas Medicinales de Santa Ana Tlacotenco, Milpa Alta, Distrito Federal (Granados *et al.*, 2014) se realizó una búsqueda visual de plantas que crecen de manera silvestre en el sotobosque y que han sido descritas como medicinales en los textos antes mencionados, una vez ubicados los ejemplares y cuidando que estuvieran separadas por al menos 5 metros entre ellas (para asegurar que la raíz y el suelo rizosférico es de la planta), se recolectaron cinco individuos botánicos de cada especie, mismos que fueron etiquetados (lugar, fecha, número de colecta y colector) y posteriormente fueron colocados en papel periódico a manera de folder, se arreglaron de manera en que se pudiera observar el haz y el envés de las hojas y que las flores y el tallo se pudieran observar lo mejor posible, posteriormente se colocaron en una prensa botánica con cartón corrugado para permitir el flujo del aire a través de la prensa para secar el ejemplar.

La identidad de los ejemplares se realizó con el apoyo de las claves taxonómicas contenidas en el libro “La Flora Fanerogámica de Valle de México” (Rzedowski, 2001).

Una vez determinadas las especies se recabó información bibliográfica acerca de sus usos medicinales.

6.3 Muestreo de raíces y suelo rizosférico

Para determinar el porcentaje de colonización micorrízica arbuscular en las raíces de las especies botánicas recolectadas de cada individuo se obtuvieron las raíces finas, las cuales fueron lavadas para quitar el excedente de suelo, después fueron colocadas en frascos etiquetados que contenían alcohol al 60% para su preservación, hasta ser procesadas en el laboratorio (figura 2). Además, de cada planta se recolectaron aproximadamente 200 g. de suelo rizosférico, cada muestra se colocó en bolsa ziploc y se etiquetaron (especie, fecha y lugar).

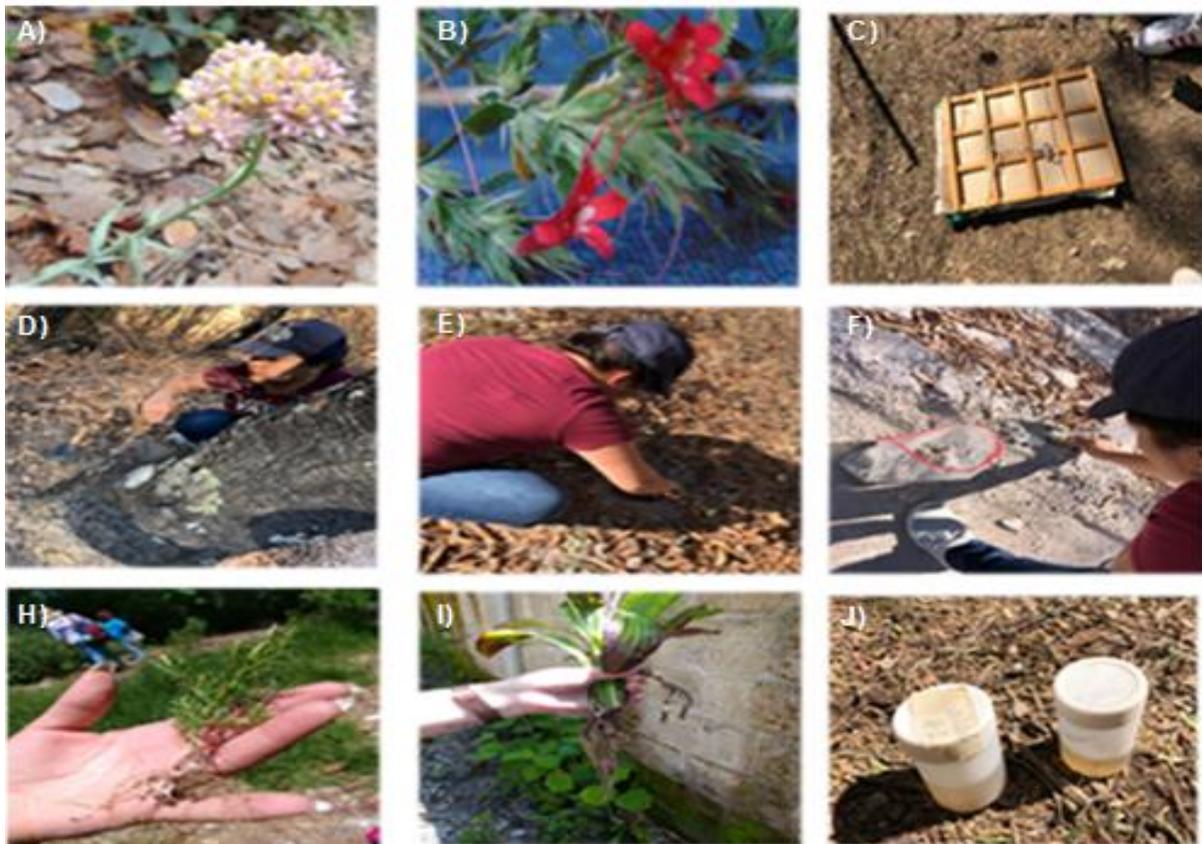


Figura 2. (A,B) Recolección de ejemplares botánicos, (C) prensado de especies botánicas, (D) eliminación de hojarasca, (E) extracción suelo, (F) embolsado y etiquetado de suelo, (H) eliminación de agregados de suelo en raíces, (I) obtención de raíces finas, (J) envasado y etiquetado de raíces finas.

6.4. Determinación de las especies medicinales

La prensa botánica fue colocada en un espacio soleado del invernadero para que las plantas recolectadas se secaran al sol, se cambió el papel cuando fue necesario. Los ejemplares ya secos presentaron flores o frutos y las partes vegetativas en buen estado, lo que permitió su determinación botánica.

Después con ayuda del personal del herbario FEZA y siguiendo las claves taxonómicas contenidas en el libro “La flora fanerogámica del Valle de México” de Rzedowski (2001) se determinaron las diez especies recolectadas, y corroborados para el sitio con los listados presentes publicados en el texto: “Flora vascular de la porción guerrerense de la Sierra de Taxco, Guerrero, México” (Martínez-Gordillo *et al.*, 2004). Finalmente, se hizo una búsqueda bibliográfica para registrar el uso medicinal de estas especies, entre los documentos empleados se utilizó la biblioteca digital de la UNAM.

6.5 Colonización micorrízica arbuscular

Se evaluó la colonización micorrízica total en raíz por medio de la técnica de tinción con azul de tripano, propuesta por Phillips y Hayman (1970). Para ello, se tomó una fracción de la raíz recolectada de cada individuo de cada especie medicinal, se lavó con agua corriente para eliminar el alcohol; se colocó la raíz de cada planta en un recipiente con hidróxido de potasio (KOH) al 10% durante 24 horas a temperatura ambiente, posteriormente se lavó con agua para eliminar el KOH, se le adicionó peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al 10% para aclarar la raíz durante 3 minutos, se enjuagaron con agua y cubrieron con ácido clorhídrico (HCl) al 10% durante 5 minutos, después se eliminó el ácido y sin enjuagar se le agregó azul de tripano al 0.05% hasta cubrir las por 24 horas, transcurrido este lapso se retiró el sobrante del colorante, las raíces fueron cortadas en segmentos de aproximadamente 1 cm y posteriormente se les agregó unas gotas de lactoglicerol, por último se montaron 15 segmentos en forma paralela en un portaobjetos. Se realizó la observación en zigzag en un microscopio óptico para obtener un total de 45 campos de observación por portaobjetos y realizando

dos por muestra dando un total de 90 campos de observación por ejemplar en donde se ubicaron las estructuras de los HMA hifas, vesículas y arbusculos.

El porcentaje de colonización total y fraccionada se obtuvo con las siguientes formulas:

$$\% \text{ colonización por hifas} = \frac{\# \text{ de segmentos colonizados por hifas}}{\# \text{ de segmentos totales observados}} \times 100$$

$$\% \text{ colonización por vesículas} = \frac{\# \text{ de segmentos colonizados por vesículas}}{\# \text{ de segmentos totales observados}} \times 100$$

$$\% \text{ colonización por arbusculos} = \frac{\# \text{ de segmentos colonizados por arbusculos}}{\# \text{ de segmentos totales observados}} \times 100$$

$$\% \text{ colonización total} = \frac{\# \text{ de segmentos colonizados}}{\# \text{ de segmentos totales observados}} \times 100$$

6.6 Evaluación de las propiedades físicas y químicas del suelo rizosférico

La determinación de las propiedades del suelo evaluadas se basó en la NOM-021-RECNAT-2000, las propiedades fueron el pH, conductividad eléctrica, densidad real, densidad aparente, materia orgánica, nitrógeno y fósforo disponible (Cuadro 1).

Cuadro 1. Propiedades evaluadas y métodos empleados.

Propiedad del suelo	Método
pH	Se evaluó mediante la técnica potenciométrica en relación 1:2 con agua
Conductividad Eléctrica	La Conductividad eléctrica en suelo se evaluó en relación 1:5, basado en el libro: Métodos de evaluación y diagnóstico para agua y suelo (2014).
Densidad Real	La determinación de la Densidad Real se realizó a través del método del picnómetro (AS-04)
Densidad Aparente	La Densidad Aparente se determinó basado en el libro: Métodos de evaluación y diagnóstico para agua y suelo (2014).
Materia Orgánica	La determinación de materia orgánica del suelo se realizó a través del método de Walkley y Black (AS-07) *

Nitrógeno total	La determinación de nitrógeno total realizó a través del procedimiento micro-kjeldahl (AS-08)*
Fósforo extractable	La determinación de fósforo se realizó a través del método de Bray y Kurtz 1 (AS-11)*

* Para estos análisis se prepararon 120 g de muestra de cada uno de los individuos de las especies y fueron enviadas al Laboratorio Física de Suelos del Área de Edafología en el Colegio de Posgraduados.

6.7 Análisis estadístico

Los datos correspondientes a porcentaje de colonización fraccionada, colonización total, pH, conductividad eléctrica, densidad real, densidad aparente, materia orgánica, nitrógeno total y fósforo extractable se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) en el programa InfoStat (2020), las pruebas que arrojaron diferencias estadísticamente significativas se analizaron mediante una prueba de Tukey con un $\alpha = 0.05$ (ver anexo).

7. RESULTADOS

7.1 Registro de las especies botánicas

Se determinaron taxonómicamente las diez especies recolectadas, mismas que pertenecen a siete familias diferentes: Adiantaceae, Asteraceae, Rosaceae, Plantaginaceae, Polemoniaceae, Oxilidaceae, Smiláceae (Figura 3). Las Asteraceae son las mejor representadas con tres especies. Para todas ellas se encontraron registros de usos medicinales (Cuadro 2).



Figura 3. Especies botánicas recolectadas y determinadas taxonómicamente: A) *Adiantum capillus veneris* L., B) *Alchemilla procumbens* Rose., C) *Baccharis conferta* Kunth, D) *Bidens ostruthioides* (DC.) Sch.Bip. E) *Smilax regelii* Killip-Morton, F) *Plantago major* L., G) *Tagetes filifolia* Lag. H) *Oxalis latifolia* Kunth., I) *Loeselia mexicana* (Lam.) Brand., J) *Gnaphalium attenuatum* DC..

Cuadro 2. Principales usos medicinales de las especies botánicas recolectadas.

NOMBRE DE LA ESPECIE	PRINCIPALES USOS	REFERENCIA
<i>Adiantum capillus veneris</i> L.	<p>Utilizada para aliviar la tos, para la atención ginecobstetrica en casos de parto, cuando hay menstruación abundante y para la interrupción del embarazo.</p> <p>Los extractos etanólicos de <i>Adiantum capillus veneris</i> tienen efectos anti-conceptivos y anti-inflamatorios, además de mostrar menos ulceraciones comparadas con el uso del ibuprofeno.</p>	<p>(Pérez, 2009).</p> <p>(Saqlain <i>et al.</i>, 2011).</p> <p>(Al-Snafi, 2015)</p>
<i>Alchemilla procumbens</i> Rose	<p>Empleada como antidiarreica y estomacal, para sanar llagas y úlceras en la piel, combatir la inflamación (hinchazón), disminuir el aumento de la temperatura corporal causada por alguna enfermedad, para tratar afecciones de los riñones. Se menciona su acción astringente, anticonceptivo, tiene potencial para el tratamiento del cáncer, incluyendo propiedades antiproliferativas y antioxidantes, induce la apoptosis celular, lo que reduce el crecimiento de tumores en cerebro, hígado, colon y otros tejidos.</p>	<p>(Pérez, 2009).</p> <p>(Zepeda, 2013).</p> <p>(Anand <i>et al.</i>, 2016)</p>
<i>Baccharis conferta</i> Kunth	<p>Usada para mitigar enfermedades de la sangre como la disminución de la concentración de hemoglobina (anemia), niveles altos de azúcar (diabetes), enfermedades del estómago, el hígado y la próstata. Tiene propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, antimicrobianas y antifúngicas.</p> <p>Empleada para mitigar el dolor de muelas, para dar baños en el posparto, ya sea a la puérpera o al recién nacido, dolor en las articulaciones o espasmos musculares en las piernas.</p> <p>Muestra actividad antibacterial en cepas de <i>Micrococcus luteus</i> y <i>Escherichia coli</i>.</p>	<p>(Weimann <i>et al.</i>, 2002).</p> <p>(Pérez, 2009).</p> <p>(Ruiz-Gómez <i>et al.</i>, 2020).</p>

<p><i>Bidens ostruthioides</i> (DC.) Sch.Bip.</p>	<p>Para contrarrestar granos por alergia, para efectos diuréticos, para mejorar la digestión, se utiliza para contrarrestar padecimientos de la piel.</p>	<p>(González y Garciglia, 2013).</p>
<p><i>Smilax regelii</i> Killip-Morton</p>	<p>Se usa en los casos de reumatismo y artritis causada por la aumento del ácido úrico en la sangre, mismo que causa inflamación en las articulaciones (gota), contra enfermedades de los riñones: cálculos renales e insuficiencia renal, nefritis: inflamación del tejido renal, cistitis: inflamación de la vejiga urinaria, oliguria: secreción insuficiente de orina, afecciones febriles: gripe, fiebres tropicales, etc., contra la inapetencia, incrementa la energía, regula las hormonas, propiedades diuréticas, afrodisiaco, para la impotencia sexual, infertilidad, desórdenes del sistema nervioso, purifica la sangre, contra la hidropesía, enfermedades venéreas, hepatitis, cáncer de pecho, tumores, acné juvenil y eczemas, desordenes menstruales, hipertensión: presión alta, ictiosis: afección de la piel.</p>	<p>(Pérez, 2009). (http://www.plantasnet.com)</p>
<p><i>Plantago major</i> L.</p>	<p>Los usos reportados corresponden a padecimientos digestivos. También se utiliza en el tratamiento de la parotiditis (desinflamar paperas); llagas con procesos infecciosos, golpes, heridas, para contrarrestar granos, para desinflamar hematomas, para el estreñimiento, como antihelmíntico, gastritis, vómito y úlceras gastroduodenales, para desórdenes biliares, úlceras de la boca (vesículo-ulceroso) y contra la caries, afecciones de la piel, en abscesos cutáneos, sabañones y supuraciones en la piel, comezón en el ano, rozaduras, quemaduras y piquete de escorpión. Se emplea tos, gripa, anginas, asma y bronquitis, cistitis, uretritis, en padecimientos oculares como las</p>	<p>(Alonso, 2004). (Pérez, 2009). (García-García, 2019).</p>

	<p>carnosidades (nubes), lagañas (infección), ojos llorosos e inflamados, para detener hemorragias externas o internas, antitérmico y expectorante, para tratar el cáncer, en el tratamiento de infecciones vaginales, antiabortivo, en casos de niveles altos de azúcar en la sangre (diabetes) y para problemas de falta de crecimiento en niños, se aprovecha para hacer curaciones psicósomáticas.</p> <p>Para el reumatismo y hepatitis, coadyuvante en el tratamiento del sobrepeso y de las hiperlipidemias, eczemas secos, herpes, ictiosis, psoriasis, quemaduras.</p> <p>El mucílago tiene efecto emoliente, antialérgico, expectorante y reduce la absorción intestinal de hidratos de carbono y lípidos.</p>	
<p><i>Tagetes filifolia</i> Lag.</p>	<p>Se recurre al anís cuando existen malestares estomacales, para los nervios, la debilidad, tos, gripa, para dar baños en general. Aunque también se aconseja ingerirla o en frotación, con la finalidad de bajar la fiebre y quitar escalofríos.</p> <p>Se usa en cólico de niños y del recién nacido, flatulencia, para el dolor de cabeza, espasmo y para contrarrestar malestares generales en el individuo.</p>	<p>(De Feo <i>et al.</i>, 1998). (Pérez, 2009).</p>
<p><i>Oxalis latifolia</i> Kunth.</p>	<p>Utilizada como un aperitivo, astringente, cura enfermedades infecciosas del tracto digestivo, enfermedades de la piel y fiebres cuaternarias, para eliminar verrugas, opacidades de la córnea, antiinflamatorias, refrigerantes y antiescorbútics, para tratar el singulto (hipo), el reflujo, las agruras y para convatir la inflamación de la boca.</p>	<p>(Pérez, 2009). (Krishnan, y Murugesh, 2019).</p>

<p><i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand.</p>	<p>El uso medicinal más frecuente es para fiebres puerperales y otras fiebres, contra desórdenes del tracto digestivo: infección, dolor, indigestión, inflamación, estreñimiento, gases y vómito, enfermedades respiratorias como tos, bronquitis, resfriados y ronquera, se recomienda para problemas de la piel, evitar la caída del cabello (alopecia), mejorar su apariencia, contra descamación del cuero cabelludo, cabello graso, en padecimientos eruptivos como: erisipela, rubéola, sarampión y varicela, en padecimientos renales: cálculos e inflamación de riñón, para tratar dolor de cabeza, inflamación del abdomen, postemas, como depurativo de la sangre, desinfectante, diurético y limpieza del colon, en baños para después del parto y para hacer curaciones psicosomáticas.</p>	<p>(Pérez, 2009).</p>
<p><i>Gnaphalium attenuatum</i> DC.</p>	<p>Para el manejo del dolor en tracto digestivo, espasmo, gastritis, bilis, tos, ronquera, gripa, expectorante, fiebre y bronquitis.</p>	<p>(Navarro-Avendaño, 2002). (Pérez, 2009). (Domínguez, 2020).</p>

7.2 Colonización radical

Las diez especies medicinales presentaron colonización radical por hongos micorrízicos arbusculares. Las principales estructuras de colonización encontradas correspondieron a: hifas, vesículas y arbuscúlos, siendo las hifas las de mayor presencia y los arbuscúlos los menos presentes (Figura 4).

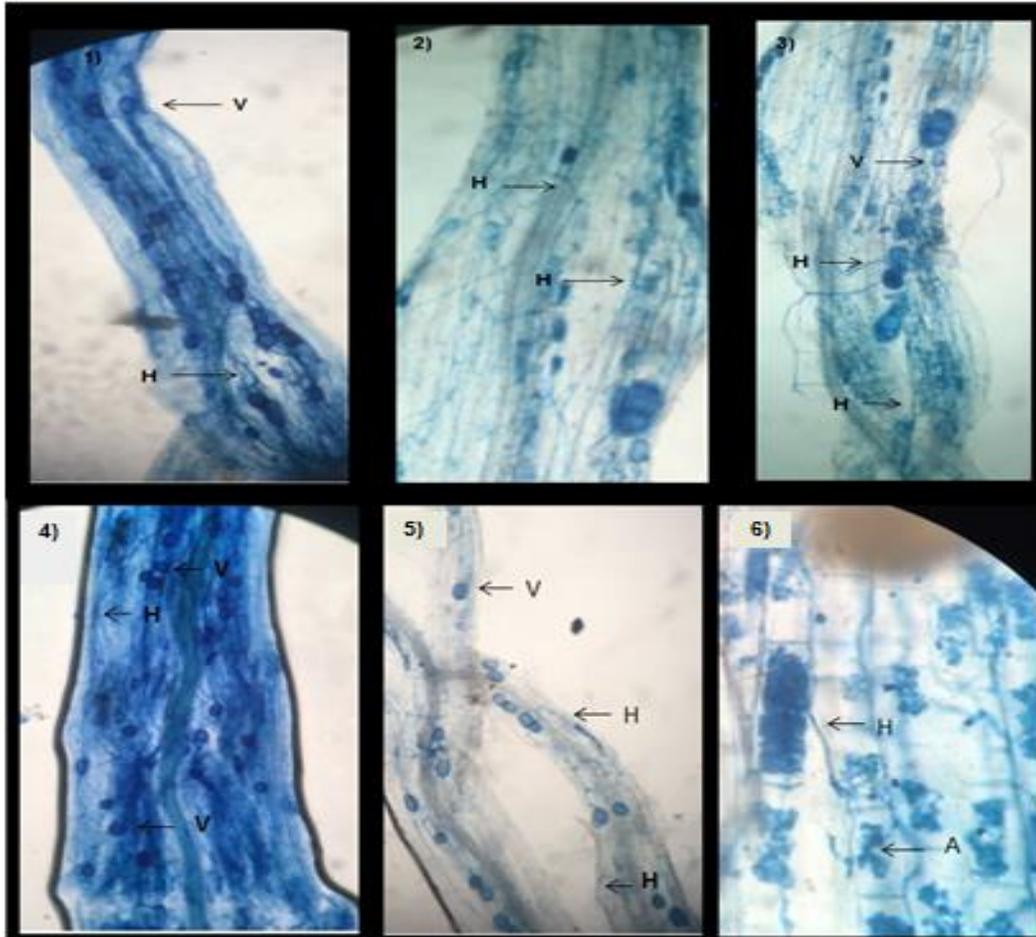


Figura 4. Estructuras de colonización de HMA en(1) *Plantago major*, (2) *Tagetes filifolia*, (3) *Loeselia mexicana*, (4) *Bidens ostruthioides* y (5) *Alchemilla procumbens* se observan vesículas (V) e hifas (H). Vistas al microscopio a 40x. Se muestran arbuscúlos e hifas en *Gnaphalium attenuatum* (6) vistos al microscopio a 100x.

Gnaphalium attenuatum fue la única especie que presentó colonización por arbuscúlos en 0.22 %, *Bidens ostruthioides* presento 67.74% de colonización por vesículas mientras que *Loeselia mexicana* sólo registró 3.44%, *Plantago major* registró 84.78%

de colonización por hifas mientras que *Loeselia mexicana* 51.28 %, y finalmente *Plantago major* registró una colonización total del 85.46% mientras que *Oxalis latifolia* sólo presentó el 52.21% (Cuadro 3, Figuras 5 y 6).

Cuadro 3. Porcentajes de colonización total y fraccionada en las diez especies medicinales.

Especie botánica	Arbúsculos (%)	Vesículas (%)	Hifas (%)	Total (%)
<i>Adiantum capillus veneris</i>	0	38.62	74.88	78.43
<i>Alchemilla procumbens</i>	0	4.66	55.19	55.87
<i>Baccharis confertifera</i>	0	39.33	66.43	66.66
<i>Bidens ostruthioides</i>	0	67.74	75.04	83.74
<i>Gnaphalium attenuatum</i>	0.22	27.52	71.74	73.99
<i>Loeselia mexicana</i>	0	3.44	51.28	54.63
<i>Oxalis latifolia</i>	0	11.32	52.21	52.31
<i>Plantago major</i>	0	45.7	84.78	85.46
<i>Smilax regelii</i>	0	25.99	61.32	61.32
<i>Tagetes filifolia</i>	0	28.62	77.52	77.97

Colonización radical total

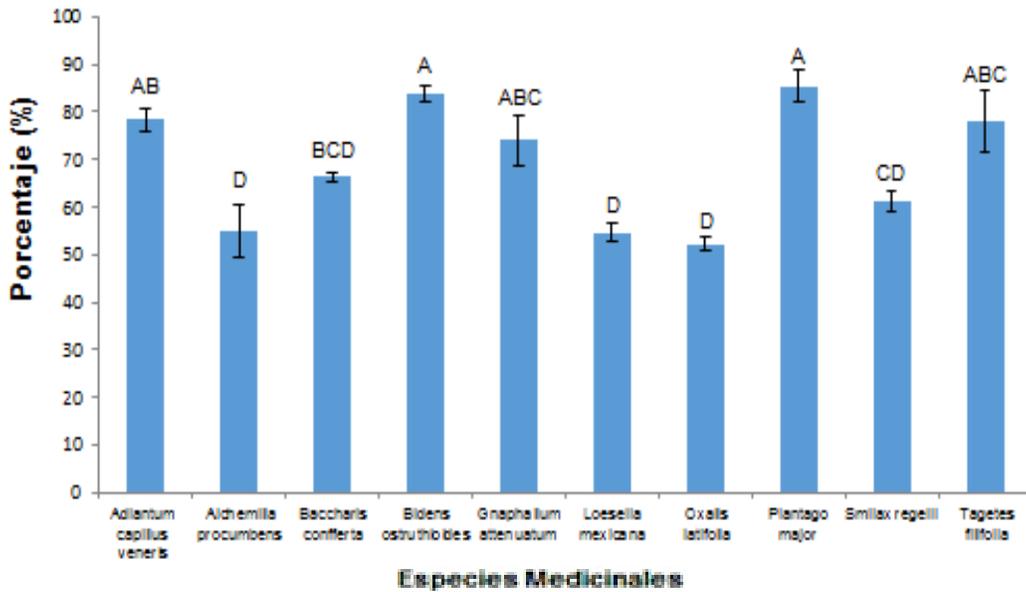


Figura 5. Porcentajes de colonización radical total en las diez especies de plantas medicinales que crecen de manera silvestre en el parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).

Colonización radical fraccionada

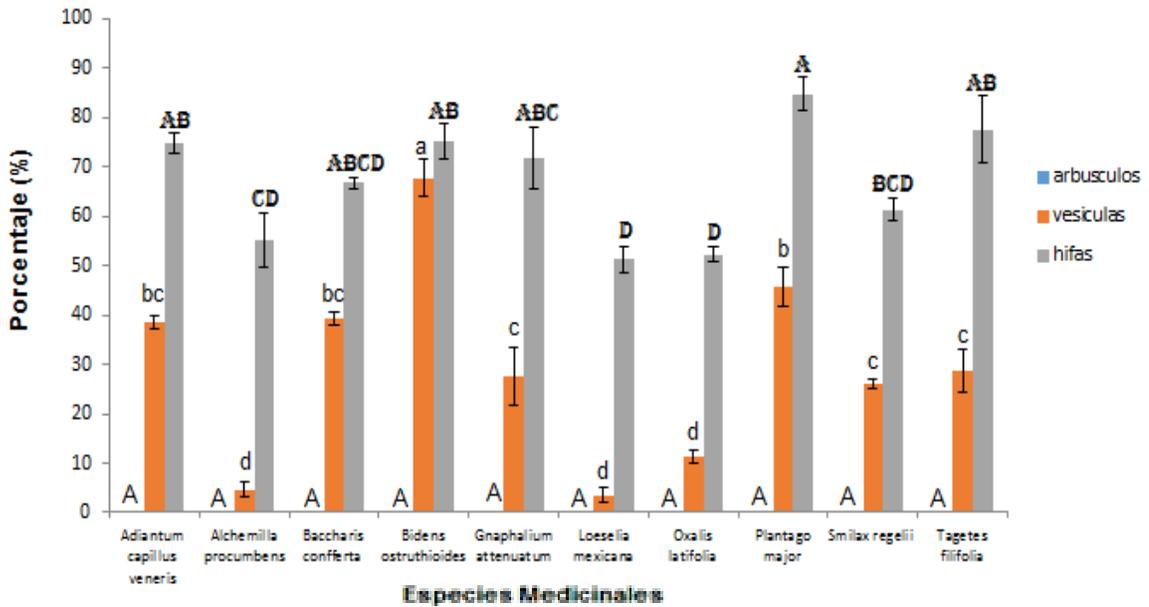


Figura 6. Porcentajes de colonización radical fraccionada en las diez especies de plantas medicinales que crecen de manera silvestre en el parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).

7.3 Propiedades físico-químicas del suelo rizosférico

Se presentan los resultados de los análisis físicos y químicos realizados en los suelos rizosféricos asociados a *Loeselia mexicana*, *Tagetes filifolia*, *Plantago major*, *Gnaphalium attenuatum*, *Alchemilla procumbens* y *Bidens ostruthioides*, en las especies: *Baccaris*, *Adiantum*, *Oxalis* y *Smilax* no fue posible analizar sus suelos rizosféricos ya que no pudo realizarse la recolecta de ellos.

pH

De acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000, los suelos de *Loeselia*, *Tagetes*, *Plantago* y *Gnaphalium* corresponden a suelos de moderadamente ácidos a neutros y fueron estadísticamente diferentes a los suelos de *Alchemilla procumbens* y *Bidens ostruthioides* que corresponden a suelos medianamente alcalinos (Figura 7).

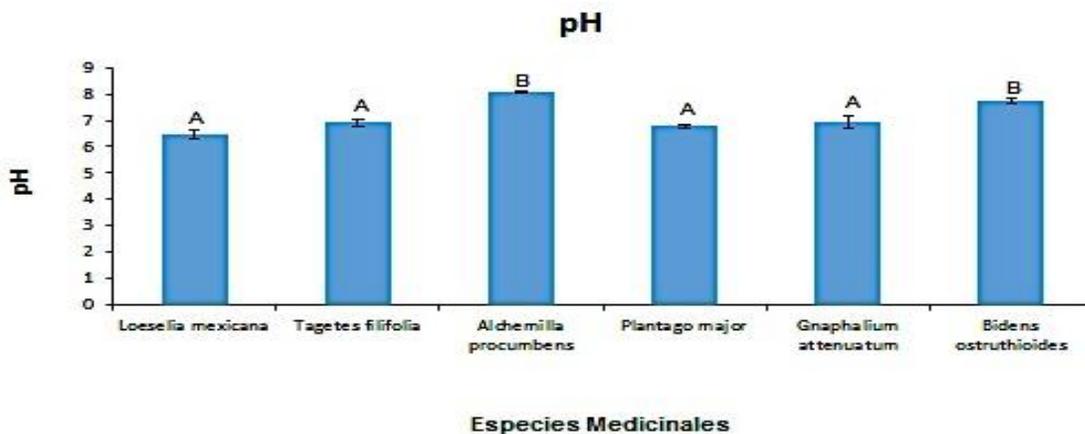


Figura 7. Valores promedio de pH del suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$)

Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica osciló entre 0.1682 decisiemens por metro cuadrado en *Plantago major* y 0.6052 decisiemens por metro cuadrado en *Loeselia mexicana*, y que corresponden a valores diferentes estadísticamente, aunque de acuerdo con la NOM-021-RECNAT-2000 todos los valores corresponden a suelos con efectos despreciables de la salinidad (Figura 8).

Conductividad Eléctrica

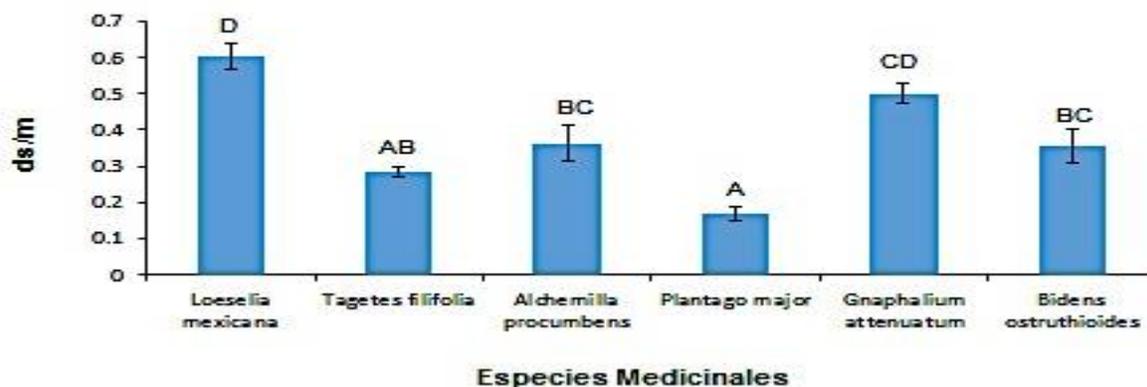


Figura 8. Valores promedio de conductividad eléctrica (CE) del suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).

Densidad Real (DR)

La densidad real del suelo en las muestras de suelo reizosferico va de 1.828 en *Bidens ostruthioides* y hasta 2.64 en *Loeselia mexicana*, estadísticamente no hubo diferencias entre los valores reportados (Figura 9).

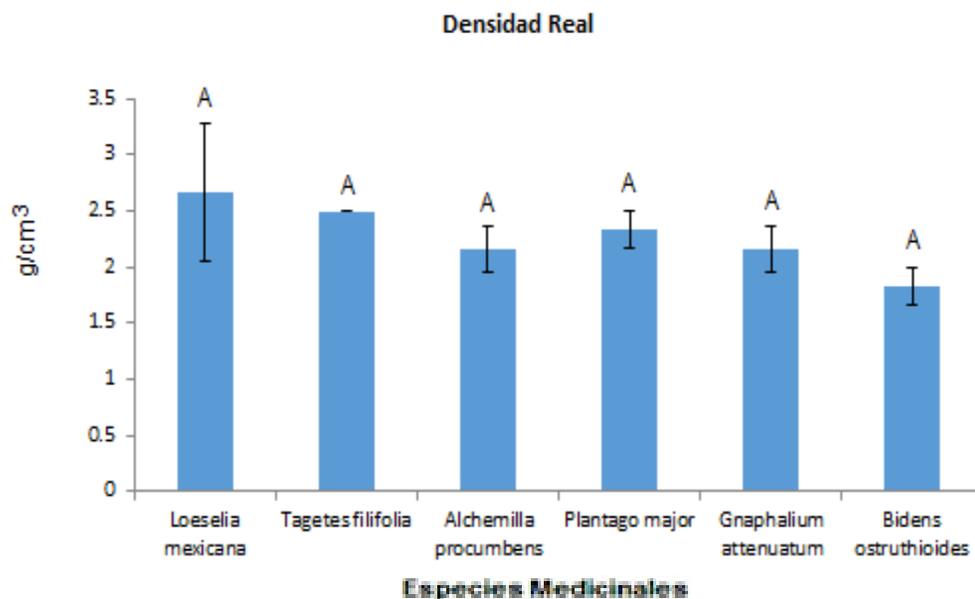


Figura 9. Valores promedio de la Densidad Real del suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).

Densidad Aparente

La densidad aparente del suelo rizosférico que presentan *Loeselia mexicana*, *Alchemilla procumbens*, *Plantago major* y *Gnaphalium attenuatum* corresponde al tipo de suelos arcillosos según la NOM-021-RECNAT-2000 y no son diferentes estadísticamente, sólo hubo diferencias estadísticas en los suelos de *Tagetes filifolia* vs *B. ostruthioides*, *Tagetes filifolia* tuvo una DA de 1.285 que corresponde a un suelo francoso, mientras que *Bidens ostruthioides* presentó suelo rizosférico de tipo orgánico con su D.A. de 0.745 (Figura 10).

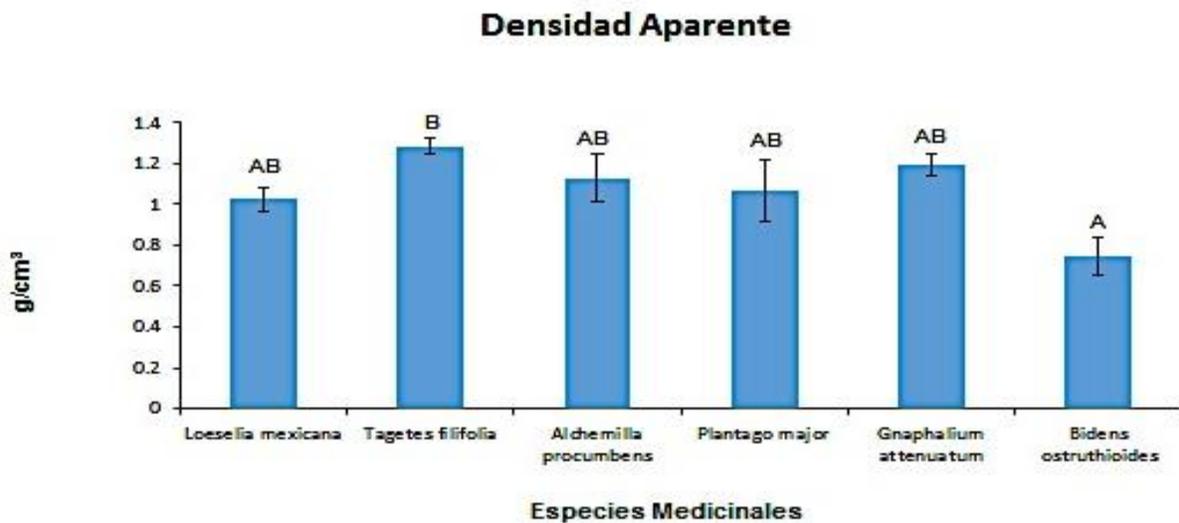


Figura 10. Valores promedio de la Densidad Aparente del suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).

Espacio poroso

El espacio poroso del suelo rizosférico va de 42.1 % en *Gnaphalium attenuatum* al 59.47 % en *Bidens ostruthioides*, estadísticamente no hubo diferencias entre los valores reportados (Figura 11).

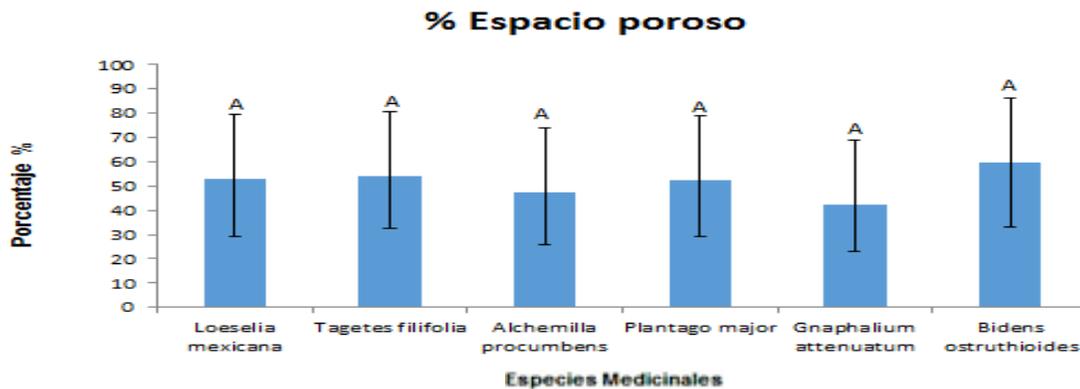


Figura 11. Valores promedio del porcentaje de espacio poroso del suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).

Materia orgánica

Se registró bajo contenido de materia orgánica para el suelo rizosférico de las 6 especies de plantas medicinales ya que presentaron valores entre 0.6% en *Tagetes filifolia* y 3.7% en *Loeselia mexicana*, los análisis estadísticos separan a *T. filifolia* con el menor contenido de MO y a *L. mexicana* con el mayor contenido de MO (Figura 12).



Figura 12. Valores promedio del Porcentaje de materia orgánica del suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).

Fósforo extractable

El contenido de fósforo fue bajo en el suelo rizosférico de todas las especies medicinales ya que se encuentra en valores menores a 15 mg Kg^{-1} . Sin embargo, estadísticamente el contenido de fósforo en el suelo de *Loeselia mexicana* fue diferente del resto de las especies (Figura 13).

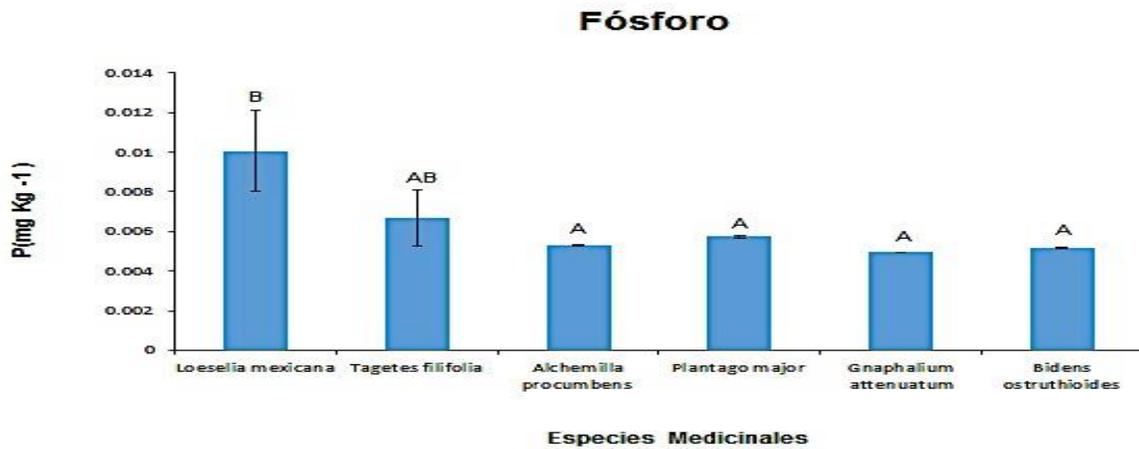


Figura 13. Concentración de fósforo disponible del suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).

Nitrógeno total

El nitrógeno, en el suelo rizosférico de las especies medicinales se encuentra en valores muy bajos, los porcentajes fluctúan entre 0.016 % en *Plantago major* y 0.1498 % en *Loeselia mexicana*, estadísticamente no existieron diferencias (Figura 14).

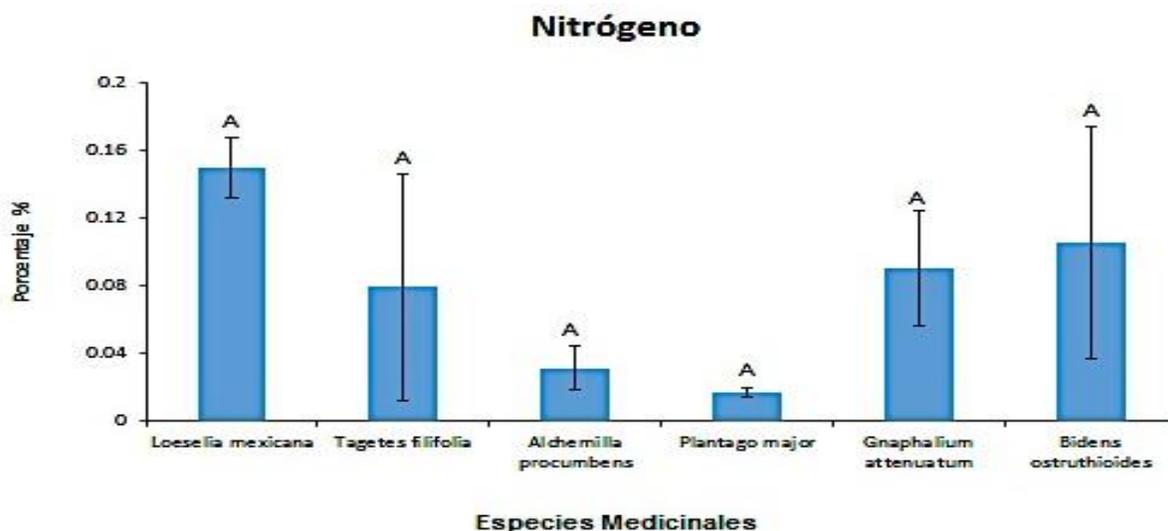


Figura 14. Porcentaje de nitrógeno en el suelo rizosférico de las plantas medicinales del parque El Huixteco, Taxco, Guerrero. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0.05$).

8. DISCUSIÓN

En este trabajo se registró la presencia de diez especies herbáceas que aparecen en la literatura con usos medicinales. De las especies aquí citadas no se encontraron registros visuales en el mercado de su uso en las localidades cercanas a Taxco de Alarcón. Sin embargo, la literatura consultada menciona que estas plantas se utilizan para tratar diversos padecimientos, de los cuales, los problemas intestinales, respiratorios, ginecológicos y de la piel son los más frecuentemente tratados con estas plantas, lo cual concuerda con el estudio realizado por Alatorre *et al.*, (2009) en Acapulco, Guerrero.

Uriostegui (2014) en un estudio realizado en la ciudad de Taxco, Guerrero, menciona que la herbolaria es un recurso fundamental en las principales ciudades del país, y más

aún en las comunidades rurales cercanas a Taxco de Alarcón donde muchas personas utilizan plantas medicinales para aliviar dolencias leves sin embargo, no menciona ninguna de las plantas aquí registradas, lo que puede deberse a que las aquí estudiadas son silvestres.

Se corroboró la colonización micorrizica en todas las especies medicinales, autores como Nicholson y Schenck (1979) estiman el grado de colonización total con las siguientes categorías: colonización baja (0- 20%), colonización media (20.1- 50%) y colonización alta (> 50%); asimismo, se ha establecido que de los HMA que colonizan la raíz en más del 50 % se consideran altamente infectivos (Bago *et al.*, 2000); de acuerdo a esta escala la colonización radical en las diez especies medicinales fue alta ya que todas se encuentran por arriba del 50 %. Sin embargo, las especies *Bidens ostruthioides*, *Adiantum capillus veneris*, *Gnaphalium attenuatum*, *Plantago major* y *Tagetes filifolia* tuvieron valores por arriba del 70 % de colonización total, valores que pueden sugerir que el ficobionte está demandando muchos carbohidratos a su hospedero de tal forma que la simbiosis esta desbalanceada y puede acercarse a un parasitismo (Camargo-Ricalde *et al.*, 2012), aunque, también puede sugerir que la planta (fitobionte) es altamente dependiente de la micorriza para la obtención de nutrimentos de difícil adquisición en el suelo, como el fósforo y el nitrógeno, elementos que están en baja concentración en sus suelos rizosfericos, ya que en este caso son suelos de borde de caminos. Por otro lado, destacan las especies *Loeselia mexicana*, *Alchemilla procumbens* y *Oxalis latifolia* quienes apenas rebasan el 50 % de colonización micorrizica, lo que sugiere que las condiciones del suelo donde se desarrollan son menos desfavorables, lo cual coincide con el nivel de fósforo registrado en el suelo de *Loeselia mexicana* que fue el valor más alto y diferente estadísticamente del resto de las especies evaluadas, cabe mencionar que *Loeselia mexicana* también es una de las plantas colectadas de mayor tamaño, por lo que es posible que aporte mayor cantidad de biomasa muerta y con ello se incremente el contenido de MO del suelo y por lo tanto haya mayor cantidad de nutrimentos, también la actividad de una raíz más grande puede tener efectos positivos en los procesos rizósfericos, incluyendo la absorción de nutrimentos.

La especie *Tagetes filifolia* es una planta pequeña en tamaño, con poco follaje y fue encontrada y recolectada a orillas del camino, lo cual explica las condiciones de su suelo rizosférico, donde existe poca MO y poco fósforo y su porcentaje de colonización se encuentra por arriba del 70 %. Las especies *Plantago major*, *Tagetes filifolia*, *Bidens ostruthioides*, *Gnaphalium attenuatum* registraron colonización por arriba del 70 % y contenidos de fósforo y materia orgánica en sus suelos rizosféricos bajo, esto probablemente se deba a que las especies se encontraron establecidas a la orilla de caminos donde el ambiente es hostil y poco favorecedor para el establecimiento, crecimiento y sobrevivencia ya que se encuentran expuestas a factores antrópicos como suelos compactados, por ello recurren a la simbiosis micorrízica arbuscular ya que ella les aporta beneficios como incrementar la absorción del agua y de nutrientes de difícil adquisición, o bien explorando un mayor volumen de suelo, debido a que las hifas son más finas que las raíces y pueden utilizar el espacio poroso del suelo con más eficiencia que la raíz.

Gnaphalium attenuatum fue la única especie en la que se encontró colonización por arbuscúlos, lo que indicó que el intercambio nutrimental estaba activo, sin embargo, esta estructura es efímera y difícil de observar, Gómez *et al.* (2007) mencionan que de acuerdo con Harley y Smith (1983) y Salazar-García (2002) la vida media de un arbuscúlo es muy corta y varía entre dos y quince días, al cabo de estos se degrada y puede liberar sus nutrientes a la célula de la raíz y a partir de allí distribuirse a toda la planta, esta puede ser la razón por la cual los arbuscúlos no siempre se observan.

Las diferencias entre los porcentajes de colonización micorrízica registrada entre las especies medicinales aquí revisadas es posible que se deba justo a la identidad de la especie vegetal y de la de los HMA que interaccionan como lo mencionan Guerra y Chacón (2012), quienes señalan que pueden intervenir factores capaces de modificar esta respuesta como la variación genética de los interactuantes. En este caso no se registró la identidad taxonómica de los HMA, lo cual podría aportar más información sobre la relación establecida por las especies medicinales aquí reportadas y sus HMA. Cabe mencionar que en un bosque templado en Agua Escondida, Taxco, Gro. dominado por *Quercus* spp. cercano al parque de El Huixteco, Chávez-Hernández *et al.*,(2021) reportaron la presencia de 30 especies de HMA asociadas a 10 especies de

plantas medicinales silvestres, lo que sugiere que en el suelo rizosférico de las especies medicinales aquí revisadas pudiéramos encontrar una riqueza similar de HMA. Los mismos autores (Chávez-Hernández *et al.*, 2021) reportan porcentajes de colonización micorrízica menores al 50 % en 11 de las 14 especies revisadas, y sólo una arriba del 70 %, mientras que en este trabajo se reportan cinco especies con más del 70 % de colonización, lo que sugiere que las plantas del bosque de pino de El Huixteco dependen más de la micorriza que las reportadas en el bosque de encino de Agua escondida, esto puede deberse a las condiciones nutrimentales del suelo que en estos ecosistemas suelen estar muy ligadas a las especies dominantes de la cubierta vegetal y que se refleja en diferentes aportes de hojarasca al suelo.

En el estudio de Chávez-Hernández *et al.*, (2021) se reportan cuatro especies medicinales que son las mismas especies encontradas en el Huixteco pero con diferentes porcentajes de colonización micorrízica, estas especies son: *Adiantum capillus-veneris* con 58.76 vs 78.43 %, *Baccharis conferta* con 34.22 vs 66.43 %, *Loeselia mexicana* con 40.74 vs 54.63 % y *Plantago major* con 49.33 vs 85.46 %, los valores más altos corresponden a los registrados en este trabajo, lo cual sugiere que las raíces de estas especies vegetales pueden colonizarse en mayor o menor grado dependiendo de la concentración de los nutrimentos del suelo como el contenido de fósforo, en el Huixteco se encontró menos fósforo que en Agua Escondida.

La concentración de fósforo, en los suelos rizosféricos de las diez especies estudiadas en este trabajo fueron bajos y la colonización micorrízica alta, lo que concuerda con lo que Berdugo (2009) señala sobre el fósforo, afirmando que el fósforo al ser un elemento importante para el crecimiento de las plantas y para el proceso fotosintético, su concentración en el suelo puede limitar o favorecer la simbiosis micorrízica, en este caso, el porcentaje total de colonización en las especies estudiadas se encontró por arriba del 53 % lo que corrobora la poca disponibilidad de fósforo en el suelo.

Las plantas fueron recolectadas en zonas perturbadas del bosque, en este caso al margen de los caminos (espacios en los que se ubican espontáneamente), donde al encontrarse expuestas a factores de disturbio antrópicos se promovió que tuvieran estructuras florales más tempranamente que las pocas plantas que crecen al interior del bosque, en este caso se busco está característica lo que permitió determinarlas

taxonómicamente, además, concuerda con lo que menciona Baker (1974) sobre las plantas ruderales, que son excelentes competidoras y tolerantes a condiciones externas adversas y crecen bajo diversas condiciones edáficas, es por ello que tienen un gran éxito al colonizar sitios perturbados, asimismo, las propiedades de los suelos de los caminos suelen estar alteradas con respecto a las del bosque, Méndez, (2021) realizó el estudio del suelo en la zona conservada del parque recreativo el Huixteco, donde reporta una densidad aparente de 1.29 g/cm^3 mientras que en este trabajo se obtuvo en promedio 1.07 g/cm^3 , la densidad real registrada por el mismo autor es de 1.23 g/cm^3 y en este estudio se obtuvo 2.36 g/cm^3 , el pH que Méndez reportó corresponde a suelos moderadamente ácidos (5.83) mientras que en este trabajo se obtuvo suelos neutros en tres especies, dos medianamente alcalinos y solo *L. mexicana* presentó un suelo moderadamente ácido, el porcentaje de nitrógeno total fue de 0.28 vs 0.07, por ello los suelos rizosféricos de las especies estudiadas en general fueron clasificados como pobres, las plantas de las especies estudiadas son en general de talla pequeña, esta puede ser una causa por la que no se encontró efecto de la planta sobre las propiedades del suelo rizosférico, excepto *Loeselia mexicana* quien es una herbácea pero de mayor talla, en su suelo se encontraron diferencias estadísticas en dos de las 8 propiedades evaluadas, materia orgánica y fósforo disponible.

9. CONCLUSIONES

- En este trabajo se registraron diez especies de herbáceas: *Loeselia mexicana*, *Tagetes filifolia*, *Alchemilla procumbens*, *Gnaphalium attenuatum*, *Bidens ostruthioides*, *Plantago major*, *Adiantum capillus veneris*, *Baccharis confertifera*, *Oxalis latifolia* y *Smilax regelii* con usos medicinales en los registros bibliográficos de México, pero sin evidencia de uso local.
- Todas las especies se encuentran altamente micorrizadas ya que presentaron más del 50 % de colonización total, lo que evidencia una relación simbiótica con los HMA. Cinco de las diez especies: *Adiantum capillus veneris*, *Bidens ostruthioides*, *Gnaphalium attenuatum*, *Plantago major* y *Tagetes filifolia* presentaron más del 70 % de colonización radical como respuesta a las condiciones desfavorables del suelo donde crecían.
- El suelo rizosférico de las especies estudiadas de acuerdo a sus propiedades físico-químicas evaluadas fueron pobres en nutrimentos, no se presentaron diferencias estadísticas en la mayoría de las propiedades entre las especies evaluadas. Sólo *Loeselia mexicana* presentó mayor contenido de MO y fósforo en su suelo rizosférico, lo que puede deberse a que es una planta de mayor talla y follaje con respecto a las otras especies estudiadas.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS CITADAS

1. Alarcón, A. y R. Ferrera (2001). "Los microorganismos en la nutrición de cultivos", en Alcantar, G. (ed). Nutrición de cultivos. Colegio de Postgraduados Montecillo, Estado de México. En prensa.
2. Alatorre, C. J.; Cano, C. E. y Otero, Z. R. (2009). Boletín, Instituto de Estudios Giennenses. Catalogo Florístico de las plantas medicinales de la selva baja subcaducifolia de Acapulco México. (200), 231-288. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3177101>
3. Alonso, J. (2004). Tratado de Fitofármacos y Nutracéuticos. Corpus editorial y Distribuidora, Rosario, Argentina.
4. Al-Snafi, AE (2015). Los componentes químicos y los efectos farmacológicos de la revisión de *Adiantum capillus-veneris*-A. Revista asiática de ciencia y tecnología farmacéutica 5 (2), 106-111.
5. Anand D., Arulmoli R., Parasuraman S. (2016). Overviews of biological importance of quercetin: A bioactive flavonoid. Phcog Rev, 10, 84-9.
6. Álvarez-Solís, J. D., Anzuelo-Martínez M. J. 2004. Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. Agrociencia 38: 13-22.
7. Bago, B., Pfeffer, P. E., Shachar-Hill, Y. (2000). Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. Plant physiology, 124(3), 949-958.
8. Baker H.G. 1974. The evolution of weeds. Annual Review of Ecology and Systematics 5: 1-24.
9. Berdugo, S. E. B. (2009). El uso de hongos micorrízicos arbusculares como una alternativa para la agricultura. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 7(1), 123-132.
10. Bermúdez, A., Oliveira-Miranda, M. A., Velázquez, D. (2005). La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. Interciencia, 30(8), 453-459.
11. Bethlenfalvay, G.J., Barea, J.M. (1994) Mycorrhizae in sustainable agriculture: I. Effects on seed yield and soil aggregation. American Journal of Alternative Agriculture 9: 157-161.

12. Blevins R.L, Smith M.S., Thomas G.W. (1984) Changes in soil properties under no-tillage. En: R E Phillips y S H Phillips (eds) No-tillage agriculture, principles and practices: 190-230. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
13. Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., Malajczuk, N. (1996). Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. Australia Centre for International Agricultural Research Canberra.
14. Camargo-Ricalde, S. L.; N. Manuel Montaña; Claudia Janette De la Rosa-Mera y Susana Adriana Montaña Arias "Micorrizas: una gran unión debajo del suelo". Revista Digital Universitaria [en línea]. 1 de julio de 2012, Vol. 13, No.7 [Consultada: 7 de noviembre de 2018]. Disponible en Internet: [http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/index.html] ISSN: 1607-6079. http://www.revista.unam.mx/vol.13/num7/art72/ para tipos de micorrizas
15. Casas, A., Valiente-Banuet A., Viveros J.L., Dávila P., Lira R., Caballero J., Cortés L., Rodríguez I., (2001) Plant resources of the Tehuacán Valley, México. Econ. Bot. 55:129–166.
16. CONABIO (2019). Ecosistemas de México - Bosque Templado – Biodiversidad Mexicana. [Consultado: 22 de noviembre de 2019] en <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bosqueTemplado>
17. Chávez C. (2019). Comunidades de hongos micorrizógenos arbusculares asociados a plantas medicinales del Bosque Templado de Agua Escondida Taxco, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 99 pp.
18. Chávez-Hernández, C. G., Barrera, A. C., Téllez, E. J., Chimal-Sánchez, E., y García-Sánchez, R. (2021). Colonización micorrízica y comunidades de hongos micorrizógenos arbusculares en plantas medicinales del bosque templado "Agua Escondida", Taxco, Guerrero, México. *Scientia fungorum*, 51.
19. Chimal-Hernández, A., González-Ibarra, M., Hernández-Díaz, C. (2013). La flora vascular del parque estatal El Faro, Tlamanalco de Velázquez, Estado de México. Universidad Autónoma Metropolitana. Cd. Mx., México.

20. Dávila P, Arizmendi M. C., Valiente–Banuet A., Casas A., Villaseñor J. L., Lira S. R., (2002) Biological diversity in the Tehuacán–Cuicatlán Valley. *Biodiv. Conserv.* 11:421–442.
21. De Feo, V., Della Porta, G., Urrunaga Soria, E., Urrunaga Soria, R. y Senatore, F. (1998). Composición del aceite esencial de *Tagetes filifolia* Lag. *Diario de sabores y fragancias*, 13 (3), 145-147.
22. De La Rosa-Mera, C., Ferrera-Cerrato, R., Alarcón A., Sánchez-Colín, M., Franco-Ramírez, A. (2012). Aislamiento de consorcios de hongos micorrízicos arbusculares de plantas medicinales y su efecto en el crecimiento de vinca (*Catharanthus roseus*). *Revista chilena de historia natural*, 85(2), 187-198.
23. De La Rosa-Mera. (2009). Micorriza arbuscular y estrés abiótico en el contenido de alcaloides (vinblastina y vincristina) de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. Tesis de Maestría.
24. Domínguez, J. C. M. (2020). Sustento bibliográfico del uso del gordolobo (*Gnaphalium* sp.) y el floripondio (*Brugmansia* sp.). *Revista Mexicana de Medicina Forense y Ciencias de la Salud*, 5(4 sup).
25. Espinoza, M.L., Mendoza, V. R., Robledo, T. V. y Ávila, P. O. (2015). Evaluación de Calidad en Frutos de Tomate Variedad Río Grande al Inocular Micorrizas Nativas y Comerciales con Lombricomposta.
26. Fierro, a., González, M., Montiel, d., Ruiz, D., Olivares, L., y Romuelo, J. C., (s.f.). La recolección y cultivo de especies medicinales y aromáticas silvestres, una propuesta de manejo sostenible. UAM Xochimilco.
27. García-García, P. D. (2019). Efecto Antibacteriano in Vitro del Aceite Esencial de *Plantago major* “Llantén” sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 comparado con Ciprofloxacino.
28. García, H., Sierra, A. y Balam, G. (1996). Medicina maya tradicional. Confrontación con el sistema conceptual chino. México: Educación, Cultura y Ecología.
29. Gómez, L. I. A., Portugal, V. O., Arriaga, M. R., & Alonso, R. C. (2007). Micorrizas arbusculares. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 14(3), 300-306.

30. González, M. Á. B., y Garciglia, R. S. (2013). Plantas medicinales de la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Biológicas Revista de la DES Ciencias Biológico Agropecuarias Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*, 9(1), 126-138.
31. González-Monterrubio, C. F., Monroy-Ata, A., García-Amador, E. M., & Orozco-Almanza, M. S. (2005). Influencia de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) en el desarrollo de plántulas de *Opuntia streptacantha* Lem. sometidas a sequía, en condiciones de invernadero. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 8(1), 5-10..
32. Granados, C. A., Chimal, H. A., Hernández, D. C. (2014) *Las Plantas Medicinales de Santa Ana Tlacotenco, Milpa Alta, Distrito Federal. Primera Edición. Universidad Autónoma Metropolitana. Cd. Mx., México.*
33. Guerra, B. E., y Chacón, M. R. (2012). Simbiosis micorrízica arbuscular y acumulación de aluminio en *brachiaria decumbens* y *manihot esculenta*. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 10(2), 87-98.
34. Harley, J. L. y S. E. Smith (1983). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press Inc., London, UK
35. Hernández T., Canales M., Caballero J., Durán A., Liras R., (2005) Análisis cuantitativo del conocimiento tradicional sobre plantas medicinales para el tratamiento de enfermedades gastrointestinales en Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Interciencia* 30:17–27
36. Klironomos J.N. 2003. Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology* 84(9): 2292–2301.
37. Krishnan, G. y Muruges, P. (2019). Análisis fitoquímico, potencial antimicrobiano y antioxidante de *oxalis Latifolia Kunth*. *Análisis fitoquímico* , 7 (3).
38. Linares, D., Bye R. y Flores, B. (1999) *Plantas Medicinales de México. Usos, Remedios y Tradiciones*. Instituto de Biología, UNAM, México. 155 p.
39. López, A. J. (2005). *Manual de edafología*. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química. Agrícola de la Universidad de Sevilla.

40. Martínez-Gordillo M., Cruz-Duran R., Castrejón-Reyna J.F., Valencia-Ávalos S., Jiménez-Ramírez J. y Ruíz-Jiménez C.A. (2004). Flora vascular de la porción guerrerense de la Sierra de Taxco, Guerrero, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* 75:105-189
41. Méndez R. (2021). Comparación De Carbono Orgánico Almacenado En Dos Sitios De Bosque (Conservado Y Perturbado) Del Cerro El Huixteco Taxco Guerrero. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
42. Miller R.M., Jastrow J.D. (1992) The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. En: J G Bethlenfalvay & R G Linderman (eds) *Micorrhizae in sustainable agriculture*. Special Publication N° 54: 29-44. American Society of Agronomy , Madison, Wisconsin.
43. Navarro P. L. del C., Avendaño R. S. (2002). Flora útil del municipio de Astacinga, Veracruz, México *Polibotánica*, núm. 14: 67-84.
44. Nicolson, T., Schenck, N. (1979). Endogonaceous Mycorrhizal Endophytes in Florida. *Mycologia*, 71 (1): 178-198.
45. NOM-021-RECNAT-2000 (Norma Oficial Mexicana).2000. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Diario Oficial de la Federación*. 85 pp.
46. OMS (1979) The selection of essential drugs. WHO Technical Report Series 641: 1-44
47. Paredes Acosta, E. D. (2020). Efecto de la fertilización nitrogenada sobre las poblaciones de hongos micorrízicos de suelos y en la producción de maíz (*Zea mays* L.), en la zona de Babahoyo (Bachelor's thesis, BABAHOYO; UTB, 2019).
48. Pérez, P. M. (2009). Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana.
49. Phillips, J. y Hayman, D. (1970). Procedimientos mejorados para la limpieza de raíces y tinciones de hongos micorrízicos arbusculares vesiculares y parásitos para una evaluación rápida de la infección. *Trans. Mycol. Soc.* 55:158-16.
50. Ruiz-Gómez, M. G., Cen-Pacheco, F. A., Pineda-López, M. D. R., Bravo-Ruiz, O., Alarcón-Gutiérrez, E., & Sánchez-Velásquez, L. R. (2020). Bioprospección modulada por la fenología, el sexo y el gradiente altitudinal: el caso de *Baccharis*

- conferta* sobre *Myrothecium roridum* y *Alternaria solani*. Botanical Sciences, 98(3), 473-486.
51. Rzedowski, J. (2001). Flora fanerogámica del Valle de México (No. C/582.09725 F56/2001).
 52. Salazar-García S. (2002). Las micorrizas pueden mejorar la nutrición del árbol, en Nutrición del aguacate principios y aplicaciones. INIFAPINPOFEOS. México.
 53. Saqlain, H., Syed, N., Mohammad, M. A., Amit, G., Hinna, H., Mohammad, S. A. (2011). Anti-inflammatory and anti-nociceptive activities of ethanolic extract and its various fractions from *Adiantum capillus veneris* Linn.
 54. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2018. Bosques templados de México, riqueza forestal y belleza escénica. Disponible en web: <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/bosques-templados-de-mexico-riqueza-forestal-y-belleza-escénica>. Fecha de consulta: 23/03/2021, 13:49:16 a.m.
 55. Secretaría de Gobernación-Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (2004). Taxco de Alarcón. [En línea]. Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM12guerrero/index.html>
 56. Soto R, G Vega, A L Tamajón (2002) Instructivo técnico del cultivo de *Cymbopogon citratus* (D. C.) Stapf (caña santa). Rev. Cubana Plantas Med. 7:89–95.
 57. Trappe J. M. 1994. What is a mycorrhiza? Proceedings of the fourth European Symposium on mycorrhizae. Granada, España. En: Johnson N.C., Graham J.H. y Smith F.A. (1997). Functioning of mycorrhizal association along the mutualism-parasitism continuum. New Phytologist, 135: 575-585.
 58. Urióstegui, F. (2014). Hierbas medicinales utilizadas en la atención de enfermedades del sistema digestivo en la ciudad de Taxco de Alarcón, Guerrero, México. Tlamati, Vol. 5(1), 24-34.
 59. Vibrans, H., 2006. Flora digital de malezas de México. <http://www.malezasdemexico.net>. Consultada el 25 de febrero del 2022.
 60. Weimann, C., Göransson, U., Pongprayoon Claeson, U., Claeson, P., Bohlin, L., Rimpler, H. y Heinrich, M. (2002). Efectos espasmolíticos de *Baccharis conferta*

y algunos de sus componentes. *Revista de farmacia y farmacología* , 54 (1), 99-104.

61. Yam, M., Quiñones, M. y Pérez, J. (1992). La medicina indígena entre los henequeneros y maiceros yucatecos. Mérida: Dirección General de Culturas Populares.
62. Yan, Z., G. Lan-Ping, C. Bao-Dong, H. Zhi-Peng, W. Ji-Yong, H. Lu-Qi, Y. Guang, C. Xiu-Ming, Y. Li, W. Zhao-Xiang, C. Mei-Lan, Z. Yan, 2013. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and active ingredients of medicinal plants: current research status and prospectives. *Mycorrhiza* 23: 253-265. Doi: 10.1007/s00572-013-0484-0
63. Zepeda, M. M. A. (2013). Plantas medicinales silvestres y de traspatio de yoricostio municipio de tacámbaro michoacán, México (Doctoral dissertation, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo)

11. ANEXOS

Análisis de Varianza colonización radical por arbúsculos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
colonizacion	50	0.27	0.00	707.11

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.32	13	0.02	1.00	0.4713
repeticiones	0.10	4	0.02	1.00	0.4203
especies	0.22	9	0.02	1.00	0.4577
Error	0.89	36	0.02		
Total	1.21	49			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.33446

Error: 0.0246 gl: 36

especies	Medias	n	E.E.
Tagetes	0.00	5	0.07 A
Loeselia	0.00	5	0.07 A
Plantago	0.00	5	0.07 A
Smilax	0.00	5	0.07 A
Oxalis	0.00	5	0.07 A
Alchemilla	0.00	5	0.07 A
Baccharis	0.00	5	0.07 A
Bidens	0.00	5	0.07 A
Adiantum	0.00	5	0.07 A
Gnaphalium	0.22	5	0.07 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de Varianza colonización radical por vesículas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
colonizacion	50	0.92	0.89	23.19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18017.21	13	1385.94	30.01	<0.0001
repeticiones	278.70	4	69.68	1.51	0.2202
especies	17738.51	9	1970.95	42.68	<0.0001
Error	1662.35	36	46.18		
Total	19679.56	49			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=14.47830

Error: 46.1764 gl: 36

especies	Medias	n	E.E.
Bidens ostruthioides	67.74	5	3.04 A
Plantago major	45.70	5	3.04 B
Baccharis confertifera	39.33	5	3.04 B C
Adiantum capillus veneris	38.63	5	3.04 B C
Tagetes filifolia	28.62	5	3.04 C
Gnaphalium attenuatum	27.52	5	3.04 C
Smilax regelii	25.99	5	3.04 C
Oxalis latifolia	11.33	5	3.04 D
Alchemilla procumbens	4.66	5	3.04 D
Loeselia mexicana	3.44	5	3.04 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de Varianza colonización radical por hifas

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
colonizacion	50	0.67	0.55	13.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6202.70	13	477.13	5.68	<0.0001
repeticiones	136.89	4	34.22	0.41	0.8019
especies	6065.81	9	673.98	8.03	<0.0001
Error	3021.85	36	83.94		
Total	9224.55	49			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=19.52057

Error: 83.9402 gl: 36

especies	Medias	n	E.E.				
Plantago major	84.78	5	4.10	A			
Tagetes filifolia	77.52	5	4.10	A	B		
Bidens ostruthioides	75.04	5	4.10	A	B		
Adiantum capillus veneris	74.88	5	4.10	A	B		
Gnaphalium attenuatum	71.74	5	4.10	A	B	C	
Baccharis confertifera	66.66	5	4.10	A	B	C	D
Smilax regelii	61.33	5	4.10	B	C	D	
Alchemilla procumbens	55.19	5	4.10			C	D
Oxalis latifolia	52.22	5	4.10				D
Loeselia mexicana	51.29	5	4.10				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de Varianza colonización radical total

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
colonización	50	0.77	0.69	11.47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7535.64	13	579.66	9.28	<0.0001
repeticiones	355.92	4	88.98	1.42	0.2459
especies	7179.72	9	797.75	12.76	<0.0001
Error	2249.87	36	62.50		
Total	9785.51	49			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=16.84361

Error: 62.4964 gl: 36

especies	Medias	n	E.E.				
Plantago major	85.46	5	3.54	A			
Bidens ostruthioides	83.75	5	3.54	A			
Adiantum capillus veneris	78.44	5	3.54	A	B		
Tagetes filifolia	77.98	5	3.54	A	B	C	
Gnaphalium attenuatum	74.00	5	3.54	A	B	C	
Baccharis confertifera	66.44	5	3.54	B	C	D	
Smilax regelii	61.33	5	3.54			C	D
Alchemilla procumbens	54.87	5	3.54				D
Loeselia mexicana	54.64	5	3.54				D
Oxalis latifolia	52.22	5	3.54				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de Varianza Nitrógeno

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nitrogeno	30	0.30	0.00	125.58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.08	9	0.01	0.96	0.4977
Repeticiones	0.02	4	0.01	0.62	0.6552
Variedades	0.06	5	0.01	1.24	0.3286
Error	0.19	20	0.01		
Total	0.28	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.19620

Error: 0.0097 gl: 20

Variedades	Medias	n	E.E.
Plantago major	0.02	5	0.04 A
Alchemilla procumbens	0.03	5	0.04 A
Tagetes filifolia	0.08	5	0.04 A
Gnaphalium attenuatum	0.09	5	0.04 A
Bidens ostruthioides	0.11	5	0.04 A
Loeselia mexicana	0.15	5	0.04 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de Varianza Fósforo

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fosforo	30	0.58	0.40	33.78

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.3E-04	9	1.4E-05	3.13	0.0161
Repeticiones	3.4E-05	4	8.5E-06	1.87	0.1543
Variedades	9.4E-05	5	1.9E-05	4.14	0.0096
Error	9.1E-05	20	4.5E-06		
Total	2.2E-04	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00424

Error: 0.0000 gl: 20

Variedades	Medias	n	E.E.
Gnaphalium attenuatum	4.9E-03	5	9.5E-04 A
Bidens ostruthioides	0.01	5	9.5E-04 A
Alchemilla procumbens	0.01	5	9.5E-04 A
Plantago major	0.01	5	9.5E-04 A
Tagetes filifolia	0.01	5	9.5E-04 A B
Loeselia mexicana	0.01	5	9.5E-04 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de Varianza Densidad Real

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
densidad real	13	0.48	0.00	21.31

Datos desbalanceados en celdas.
Para otra descomposición de la SC
especifique los contrastes apropiados.. !!

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.10	7	0.16	0.67	0.6963
repeticiones	0.40	2	0.20	0.85	0.4825
especies	0.71	5	0.14	0.60	0.7056
Error	1.18	5	0.24		
Total	2.28	12			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.01057

Error: 0.2352 gl: 5

especies	Medias	n	E.E.
Plantago major	2.64	2	0.48 A
Tagetes filifolia	2.22	3	0.48 A
Loeselia mexicana	2.22	2	0.48 A
Bidens ostruthioides	2.22	2	0.48 A
Gnaphalium attenuatum	2.22	2	0.48 A
Alchemilla procumbens	1.80	2	0.48 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de Varianza Densidad Aparente

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Densidad Aparente	30	0.47	0.23	21.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.92	9	0.10	1.97	0.0986
Repeticiones	0.06	4	0.01	0.28	0.8875
Variedades	0.87	5	0.17	3.33	0.0239
Error	1.04	20	0.05		
Total	1.96	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.45328

Error: 0.0520 gl: 20

Variedades	Medias	n	E.E.
Bidens ostruthioides	0.75	5	0.10 A
Loeselia mexicana	1.03	5	0.10 A B
Plantago major	1.07	5	0.10 A B
Alchemilla procumbens	1.13	5	0.10 A B
Gnaphalium attenuatum	1.20	5	0.10 A B
Tagetes filifolia	1.29	5	0.10 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Análisis de Varianza pH

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	30	0.83	0.76	4.45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10.04	9	1.12	10.98	<0.0001
Repeticiones	0.31	4	0.08	0.76	0.5664
Variedades	9.73	5	1.95	19.17	<0.0001
Error	2.03	20	0.10		
Total	12.07	29			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.63349

Error: 0.1015 gl: 20

Variedades	Medias	n	E.E.
Loeselia mexicana	6.50	5	0.14 A
Plantago mayor	6.78	5	0.14 A
Tagetes filifolia	6.90	5	0.14 A
Gnaphalium attenuatum	6.96	5	0.14 A
Bidens ostruthioides	7.76	5	0.14 B
Alchemilla procumbens	8.11	5	0.14 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de Varianza Conductividad Eléctrica

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Conductividad Electrica	30	0.82	0.74	21.74

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.61	9	0.07	9.94	<0.0001
Repeticiones	0.01	4	1.5E-03	0.22	0.9255
Variedades	0.60	5	0.12	17.72	<0.0001
Error	0.14	20	0.01		
Total	0.75	29			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.16404

Error: 0.0068 gl: 20

Variedades	Medias	n	E.E.
Plantago mayor	0.17	5	0.04 A
Tagetes filifolia	0.28	5	0.04 A B
Bidens ostruthioides	0.36	5	0.04 B C
Alchemilla procumbens	0.36	5	0.04 B C
Gnaphalium attenuatum	0.50	5	0.04 C D
Loeselia mexicana	0.61	5	0.04 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de Varianza Materia Orgánica

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Materia Organica	30	0.61	0.43	64.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	52.76	9	5.86	3.41	0.0107
Repeticiones	4.04	4	1.01	0.59	0.6757
Variedades	48.72	5	9.74	5.66	0.0021
Error	34.42	20	1.72		
Total	87.19	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.60809

Error: 1.7212 gl: 20

Variedades	Medias	n	E.E.
Tagetes filifolia	0.61	5	0.59 A
Bidens ostruthioides	0.81	5	0.59 A B
Plantago major	1.05	5	0.59 A B
Alchemilla procumbens	2.58	5	0.59 A B C
Gnaphalium attenuatum	3.39	5	0.59 B C
Loeselia mexicana	3.79	5	0.59 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis de Varianza Espacio poroso

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
espacio poroso	30	0.27	0.00	29.79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1711.55	9	190.17	0.84	0.5885
repeticiones	840.34	4	210.08	0.93	0.4670
especies	871.21	5	174.24	0.77	0.5820
Error	4522.76	20	226.14		
Total	6234.31	29			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=29.89488

Error: 226.1382 gl: 20

especies	Medias	n	E.E.
Bidens ostruthioides	59.47	5	6.73 A
Loeselia mexicana	53.09	5	6.73 A
Plantago major	52.34	5	6.73 A
Tagetes filifolia	48.60	5	6.73 A
Alchemilla procumbens	47.21	5	6.73 A
Gnaphalium attenuatum	42.18	5	6.73 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)